

(11)Publication number : 2000-175174  
(43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.Cl.

H04N 7/18

(21)Application number : 10-346893

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 07.12.1998

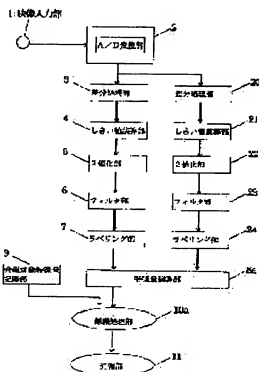
(72)Inventor : ISOBE SHUICHI

(54) IMAGE PROCESSOR FOR SUPERVISION

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an image processor for supervision with enhanced recognition accuracy by reducing a delay difference between a video signal used for background difference and a video signal used for inter-frame difference.

**SOLUTION:** A difference processing section 3 applies a background difference processing to a video signal outputted from an A/D converter section 2 and a difference processing section 20 applies an inter-frame difference processing to the video signal outputted from the A/D converter section 2. Furthermore, when the difference processing section 3 detects an event, the difference processing section 20 discriminates whether or not the event is true and outputs an event detection signal to a recognition processing section 10a when the event is true. Thus, the recognition processing section 10a conducts recognition processing with difference data generated by the same video frame and, the recognition accuracy can be enhanced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.03.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 20.03.2007

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-175868

(P2001-175868A)

(43) 公開日 平成13年6月29日 (2001.6.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>8</sup> (参考)	
G 0 6 T	7/00	G 0 6 F	15/70	4 6 0 B
	1/00		15/62	5 B 0 5 7
				3 8 0
				5 L 0 9 6

審査請求 有 請求項の数16 ○ L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平11-364875

(22) 出願日 平成11年12月22日 (1999. 12. 22)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 仁野 裕一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 古川 久雄

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100088328

弁理士 金田 暢之 (外2名)

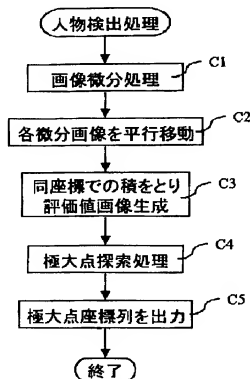
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 人物検出方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 複数の人物が画像された画像中の各人物を検出する場合、相互に隠蔽あるいは隣接している人物を区別し、また、対象の向きや大きさが変化して、同一人物であっても動画画像中の形状変化が大きくても、人物を検出することができる人物検出方法およびその装置を提供する。

【解決手段】 隠蔽の発生しにくく形状変化の少ない人物の頭部および上半身の輪郭を元に設定したモデル形状に、間隙を拡張したエッジ検出オペレータによる画像微分出力を対応させ、各点における積の極大点を人物領域として検出する。このようにして輪郭形状の微少な差異の影響を小さくし、また、隣接した対象を分離して検出する。さらにこのような処理を空間を上方から撮影した画像に対し行い、得られた視界内の複数人物を計数し集計するとして、例えば店舗顧客分布の解析など多種の情報サービスを実現する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 多数の人物が存在または移動する領域を撮影して画像を取得し、取得した画像から人物の画像を抽出する人物検出処理を実行する人物検出方法において、

人物輪郭を基にした形状の人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置に対応する相対位置に、抽出しようとする人物の特徴量を検出する特徴量検出器を配置して特徴量検出器セットを構成し、

特徴量検出器セットを、画像面に設定されている各座標に対応する各位置に置いて、前記取得した画像の画像特徴量の検出を行い、

前記各位置において特徴量検出器セットを構成する特徴量検出器が検出した画像特徴量の値に基づいて、抽出された画像特徴量が、所定の許容範囲内で、前記人物形状モデルに合致する形状を有する画像の特徴量であることを判定するための所定の演算を実行し、

演算結果が、前記検出された画像特徴量が前記人物形状モデルに合致する形状を有する画像の特徴量であることを示した場合には、当該位置に人物画像が存在すると推定する、人物検出方法。

【請求項2】 前記所定の演算は、特徴量検出器セットの各位置において、それぞれの特徴量検出器が検出した特徴量の積を演算し、その積を所定の閾値と比較し、その積の値が当該所定の閾値を超えるとき、当該画像を当該位置における人物画像と判定する処理を含んでいる、請求項1に記載の人物検出方法。

【請求項3】 前記所定の演算は、それぞれの特徴量検出器が検出した特徴量の積を評価値として当該特徴量検出器セットの位置に対応する画像面の座標に対応付けて評価値画像を生成し、評価値画像内の各画素を中心とする局所領域を設定し、局所領域内で評価値が極大になる極大点を探索し、その極大点のうち、評価値が所定のしきり値を超える極大点が存在する局所領域の中にある画素を人物が存在する点とする処理を含んでいる請求項2に記載の方法。

【請求項4】 人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置に対応する相対位置に配置されたそれぞれの特徴量検出器を、当該人物形状モデル上の予め設定された点に対応する特徴量検出器と定義し、前記人物形状モデル上の前記予め設定された複数の点の位置から、人物形状モデルに任意に設定した基準点への変位ベクトルを、当該複数の点に対応する特徴量検出器の特徴量変位ベクトルと定義し、それぞれの特徴量検出器が検出した特徴量を、その特徴量が検出された位置から特徴量変位ベクトルだけ変位した位置の座標に対応付けて、当該特徴量検出器に対応する、当該座標における変位特徴量と定義するとき、前記それぞれの特徴量検出器が検出した特徴量の積の演算は、画像面の各座標について、各特徴量検出器に対応する変位特徴量の積を演算する処理を含

んでいる、請求項2に記載の方法。

【請求項5】 多数の人物が存在または移動する領域を撮影するカメラによって撮影された画像フレームを取り込んで画像処理可能な画像を作成する画像取得手段と、人物形状モデルを保持し、前記画像処理可能な画像から、人物形状モデルに合致する形状を有する画像を抽出し、抽出された各画像を画像面中に撮像されている人物として、抽出された各人物が存在する位置を代表する点の、画像平面上における座標を出力する人物検出手段とを有する人物検出装置において、前記人物検出手段は、人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置に対応する相対位置に配置されている1組の特徴量検出器でなる特徴量検出器セットを備え、前記特徴量検出器セットによって、人物形状モデル上におけるそれぞれの位置に対応する相対位置において、画像取得手段によって得られた画像面の各点について画像特徴量の検出を行い、抽出された画像特徴量を画像面の座標と対応させて出力する特徴量算出部と、

特徴量検出器セットの各特徴量検出器が前記相対位置において検出した1組の画像特徴量でなる画像特徴量セットの値に所定の演算を施して、画像特徴量セットが人物形状モデルと適正に合致している度合いを評価し、特徴量検出器セットの、画像面上における位置に対応して評価値を生成し、画像面の各座標に対応する評価値を表す評価値画像を生成する評価値演算部と、評価値演算部によって算出された評価値画像に対し、画像面の各座標の画素について、当該画素の座標に対応する評価値が近傍の領域において最大となる評価値極大点を探索し、得られた評価値極大点の座標を人物の存在する点として出力する極大点探索部とを有することを特徴とする人物検出装置。

【請求項6】 特徴量算出部は、特徴量検出器セットとして1組のエッジ検出オペレータでなるオペレータセットを備え、前記オペレータセットによって、人物形状モデルの輪郭上における複数の位置に対応する相対位置において、画像取得手段によって得られた画像面の各点について画像輪郭の検出を行い、検出された画像輪郭の検出値を画像面の座標と対応させて出力し、前記人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置から、人物形状モデルに任意に設定した基準点への変位ベクトルを、当該複数の点の位置に対応する相対位置にあるエッジ検出オペレータの特徴量変位ベクトルと定義し、それぞれのエッジ検出オペレータが検出したエッジ検出値を、そのエッジ検出値が検出された位置から特徴量変位ベクトルだけ変位した位置の座標に対応付けて、当該エッジ検出オペレータに対応する当該座標における変位特徴量と定義するとき、評価値演算部は、前記画像特徴量セットの値に対する所定の演算として、画像面の各座標について、それぞれのエッジ検出オペレータが検出したエッジ検出値について

の姿勢特徴量の積を演算し、

極大点探索部は、評価値演算部によって得られた評価値画像内の各画素を中心とする局所領域を設定し、局所領域内で評価値が極大となる極大点を探索し、評価値が所定のしきい値を超える極大点が存在する局所領域の中心にある画素の位置を人物が存在する点の位置として出力する、請求項5に記載の装置。

【請求項7】 評価値演算部は、特徴量検出器として、検出エッジ幅が小さいエッジ検出オペレータと、検出エッジ幅が大きいエッジ検出オペレータとを有し、各々のエッジ検出オペレータは、人物画像の形状に微小な変化があっても安定した検出値を出力する程度に、重みを持たない中央間隔部の領域幅を拡張した開閉拡張オペレータであり、エッジ検出オペレータは、隠蔽が発生しにくく形状変化が少ない人物の部位に対応する相対位置に配置される、請求項6に記載の装置。

【請求項8】 人物検出手段によって得られる検出結果に基づいて、撮影されている領域内に存在する人物を計数する人物計数手段を有し、前記人物計数手段は、人物の実空間中の位置を推定するために必要なパラメータの値、または画像と人物の空間位置とを記載したルックアップテーブルを記録し、測定を行う前に事前に初期設定でキャリブレーションを行って画像中の各画素と空間位置との対応をとって、該対応を予め記憶する、画像・位置対応記憶部と、人物検出手段の出力する人物が存在する点を画像中の人物画像の頭の位置とみなし、画像・位置対応記憶装置42の情報をもとに、人物の空間中の位置を推定する人物位置検出部と、

人物位置検出部で検出された人物位置に基づいて、微小領域内での人数を計測し、人物密度を算出する人物密度計測部とを有する請求項5に記載の装置。

【請求項9】 キャリブレーションは、5つの所定の空間位置に配置した物点位置と、該物点を撮像して得られる像点との、画像平面上の位置との関係を、カメラのグローバル座標とカメラの姿勢を表す2つの角度をパラメータとして5つの方程式で記述し、最小2乗法によって最も確からしいカメラのグローバル座標とカメラの姿勢を表す2つの角度を演算する処理を含んでいる請求項8に記載の装置。

【請求項10】 人物計数手段により計数された人物密度を、画像を撮像した時刻と関連付け、逐次記録する計数結果記憶手段を有する請求項8に記載の装置。

【請求項11】 人物計数手段によって得られた計数結果、または前記計数結果記憶手段に蓄積された過去の時刻の計数結果を、必要に応じて加工し表示を行う計数結果表示手段を有し、前記計数結果表示手段は、記録したデータに基づいて、単位時間あたりの購買客数を全営業時間において記憶する購買客数記憶部と、計数結果記憶装置に記憶された単位時間あたりの来店客数と前記

購買客数記憶部に記憶された購買客数をもとに、所定の条件に従って購買率、すなわち購買客数/来店客数を集計する購買率表示部とを有する、請求項8に記載の装置。

【請求項12】 人物計数手段によって得られた計数結果、または前記計数結果記憶手段に蓄積された過去の時刻の計数結果を、必要に応じて加工し表示を行う計数結果表示手段を有し、前記計数結果表示手段は、各時刻に労働している従業員数を記憶する従業員数記憶部と、計数結果記憶手段に記憶された単位時間あたりの来店客数と従業員数記憶部に記憶された従業員数に基づいて、所定の条件に従って従業員1人あたりの接客数、すなわち、来店客数/従業員数を集計し、かつ、表示する、平均接客数表示部を有する、請求項8に記載の装置。

【請求項13】 人物計数手段によって得られた計数結果、または前記計数結果記憶手段に蓄積された過去の時刻の計数結果を、必要に応じて加工し表示を行う計数結果表示手段を有し、前記計数結果表示手段は、各時刻に使用されているレジ数を記憶する使用レジ数記憶部と、レジに並ぶ顧客人数から推定される最過レジ数と使用レジ数記憶装置に記憶されたレジ数とを比較し、各時刻毎に使用されているレジ数が必要数を上回っているか、または下回っているかを所定の条件に従って集計し表示するレジ数コンサル部とを有する、請求項8に記載の装置。

【請求項14】 人物計数手段によって得られた計数結果、または前記計数結果記憶手段に蓄積された過去の時刻の計数結果を、必要に応じて加工し表示を行う計数結果表示手段を有し、前記計数結果表示手段は、各時刻に上記の売場に配置されている従業員数を記憶する売場内従業員記憶部と、特定売場内の顧客人数から推定される最過従業員数と従業員数記憶装置に記憶された従業員数とを比較し、各時刻毎に配置されている従業員数が必要数を上回っているかまたは下回っているかを所定の条件に従って集計し表示する売場内従業員数コンサル部とを有する、請求項8に記載の装置。

【請求項15】 人物計数手段によって得られた計数結果、または前記計数結果記憶手段に蓄積された過去の時刻の計数結果を、必要に応じて加工し表示を行う計数結果表示手段を有し、前記計数結果表示手段は、各リフトあるいはアトラクション施設が単位時間あたりに捌く人数を記憶する単位時間処理人数記憶部とリフトあるいはアトラクション施設に並ぶ顧客の、記録された人数と単位時間処理人数記憶部に記憶された各リフトまたはアトラクション施設が単位時間あたりに捌く人数から、撮像時刻において顧客が当該施設のサービスに対する待ち時間、すなわち、並んでいる顧客の人数/単位時間当に施設が捌く人数を算出し、遊戯施設内外の各地点に設けた掲示板などに算出した待ち時間を表示する待ち時間表示部とを有する請求項8に記載の装置。

【請求項 16】 多数の人物が存在または移動する領域を撮影するカメラによって撮影された画像フレームを取り込んで画像処理可能な画像を作成する画像取得処理と、人物形状モデルを保持し、前記画像処理可能な画像から、人物形状モデルに合致する形状を有する画像を抽出し、抽出された各画像を画像面中に撮像されている人物として、抽出された各人物が存在する位置を代表する点の、画像平面上における座標を出力する人物検出処理と、人物検出手段によって得られた人物検出結果から画像面の視界内に存在する人物数を計数する人物計数手段と、人物計数手段によって計数された人物数を、画像を撮像した時刻と関連付け、逐次記録する計数結果記憶処理と、人物計数手段で計数された画像面中の人物計数結果、または前記計数結果記憶手段に蓄積されている過去の時刻における人物計数結果を、必要に応じて加工して表示する計数結果表示処理を実行するための手順が記述されている人物検出プログラムを記録している記録媒体であって、前記人物検出プログラムは、コンピュータに前記人物検出処理を実行させるために、

人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置に対応する相対位置に配置されている 1 組の特徴量検出器でなる特徴量検出器セットによって、人物形状モデル上におけるそれぞれの位置に対応する相対位置において、画像取得処理によって得られた画像面の各点について画像特徴量の検出を行い、検出された画像特徴量を画像面の座標と対応させて出力する特徴量算出処理を実行させ、特徴量検出器セットの各特徴量検出器が前記相対位置において検出した 1 組の画像特徴量でなる画像特徴量セットの値に所定の演算を施して、画像特徴量セットが人物形状モデルと適正に合致している度合いを評価し、特徴量検出器セットの、画像面上における位置に対応して評価値を生成し、画像面の各座標に対応する評価値を表す評価値画像を生成する評価値演算処理を実行させ、評価値演算処理によって算出された評価値画像に対し、画像面の各座標の画素について、当該画素の座標に対応する評価値が近傍の領域において最大となる評価値極大点を探索し、得られた評価値極大点の座標を人物の存在する点として出力する極大点探索処理を実行させるための手順が記述されていることを特徴とする人物検出プログラムが記録されている記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、画像中の人物を検出する画像処理方法及び装置に関し、特に店舗や公共施設内などにおいて得られる多数の人物が撮像された画像から、各人物を検出し計数、および混雑度表示を行う画像処理方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 複数の人物が撮像された画像から人物領域を検出する場合、従来は背景差分やフレーム間差分、

エッジ検出、オプティカルフロー算出、赤外スポット光等のパターン照射、ステレオ法による距離画像の利用など様々なアプローチが取られている。またはスネークのようなエッジを特徴量を用いたエネルギーモデルや、肌色検出等色情報の利用、あるいは時空間画像解析などを併用した手法も研究されている。

【0003】 また、これらの技術を用いて画像中の複数人物を計数する例としては、特開平 9-281605 に写真フィルムに撮像された人物を肌色検出処理を用いて検出し、計数した人物数に応じて焼き増し枚数を自動的に決定する装置が開示されている。また別の例として特開平 8-123935 に、画像中に複数の計数ラインを設け、背景差分を行って得られた画像を時間方向に連結することによって時空間画像を作成し、時空間画像中の動物体領域から通過方向を判定する方法が開示されている。

【0004】 さらに、人物の密度を計測する例としては、特開平 1-244598 に背景差分により人物像を抽出し、不自然な分布の偏りや不意な密度の状態が抽出されたときに警報を発する手法が開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし前提の手法では、複数の人物間において発生する領域間の隠蔽に対処できず、隣接して撮像される人物を区別して検出することが難しいので、多数の人物が撮像された画像に対しての適用は難しいという問題がある。

【0006】 例えば背景差分の場合では、画像中で重なり合う複数の人物を一つの領域として切り出すため、各人物を個別に検出できない。計数が求められるシステムの場合には、通常、抽出された領域の面積を一人当たりの面積で割ることによっておおよその人数を推定する処理を行う。しかし、従来の背景差分法においては、画像中の人物の相互に重なり合う面積や各人物の大きさなど、変動要因が大きく正確な計数は困難であった。

【0007】 また、多数の人物を撮像する状況のもとでは、対象のカメラに対する向きや姿勢、大きさは様々であり、同一人物であっても動画像中の形状変化は大きいので、形状モデルの適用も難しかった。

【0008】 本発明の目的は、多数の人物が撮像された画像中の人物検出および計数、混雑度計測を、各対象毎の形状や大きさの違い、または対象間の隠蔽が存在する状況においても行うことができ、かつ、撮像条件の制約の小さい処理方法および装置を提供し、さらにこの処理方法および装置を用いて継続的に人物計数、混雑度計測を行い、得られた集積結果を元に様々な情報サービスを提供する装置を実現することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上記の課題を解決するために、本発明の人物検出方法は、人物輪郭を基にした形状の人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置

に対応する相対位置に、検出しようとする人物の特徴量を検出する特徴量検出器を配置して特徴量検出器セットを構成し、特徴量検出器セットを、画像面に設定されている各座標に対応する各位置に置いて、前記取得した画像の画像特徴量の検出を行い、前記各位置において特徴量検出器セットを構成する特徴量検出器が検出した画像特徴量の値に基づいて、検出された画像特徴量が、所定の許容範囲内で、前記人物形状モデルに合致する形状を有する画像の特徴量であることを判定するための所定の演算を実行し、演算結果が、前記検出された画像特徴量が前記人物形状モデルに合致する形状を有する画像の特徴量であることを示した場合には、当該位置に人物画像が存在すると推定する。

【0010】前記の所定の演算は、特徴量検出器セットの各位置において、それぞれの検出器が検出した特徴量の積を演算し、その積を所定の閾値と比較し、その積の値が当該所定の閾値を超えるとき、当該画像を当該位置における人物画像と判定する処理を含んでいる。

【0011】前記の所定の演算の1つの実施態様として、該所定の演算は、それぞれの検出器が検出した特徴量の積を評価値として当該特徴量検出器セットの位置に対応する画像面の座標に対応付けて評価値画像を生成し、評価値画像内の各画素を中心とする局所領域を設定し、局所領域内で評価値が極大となる極大点を探索し、その極大点のうち、評価値が所定のしきい値を超える極大点が存在する局所領域の中心にある画素を人物が存在する点とする処理を含んでいる。

【0012】前記それぞれの検出器が検出した特徴量の積の演算は、画像面の各座標について、各特徴量検出器に対応する変位特徴量の積を演算する処理を行うことによって実行される。ただし、人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置に対応する相対位置に配置されたそれぞれの検出器を、当該人物形状モデル上の予め設定された点に対応する当該座標と定義し、前記人物形状モデル上の前記予め設定された複数の点の位置から、人物形状モデルに任意に設定した基準点への変位ベクトルを、当該複数の点に対応する特徴量検出器の特徴量変位ベクトルと定義し、それぞれの検出器が検出した特徴量を、その特徴量が検出された位置における特徴量変位ベクトルだけ変位した位置の座標に対応付けて、当該特徴量検出器に対応する、当該座標における変位特徴量と定義する。

【0013】本発明の人物検出装置は、多数の人物が存在または移動する領域を撮影するカメラによって撮影された画像フレームを取り込んで画像処理可能な画像を作成する画像取得装置と、人物形状モデルを保持し、前記画像処理可能な画像から、人物形状モデルに合致する形状を有する画像を抽出し、抽出された各画像を画像面に撮像されている人物として、抽出された各人物が存在する位置を代表する点の、画像平面上における座標を出

力する人物検出装置とを有する。

【0014】人物検出装置は、人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置に対応する相対位置に配置されている1組の特徴量検出器でなる特徴量検出器セットを備え、前記特徴量検出器セットによって、人物形状モデル上におけるそれぞれの位置に対応する相対位置において、画像取得装置によって得られた画像面の各点について画像特徴量の検出を行い、検出された画像特徴量を画像面の座標と対応させて出力する特徴量算出部と、特徴量検出器セットの各特徴量検出器が前記相対位置において検出した1組の画像特徴量でなる画像特徴量セットの値に所定の演算を施して、画像特徴量セットが人物形状モデルと適正に合致している度合いを評価し、特徴量検出器セットの、画像面上における位置に対応して評価値を生成し、画像面の各座標に対応する評価値を表す評価値画像を生成する評価値演算部と、評価値演算部によって算出された評価値画像に対し、画像面の各座標の画素について、当該画素の座標に対応する評価値が近傍の領域において最大となる評価値極大点を探索し、得られた評価値極大点の座標を人物の存在する点として出力する極大点探索部とを有する。

【0015】特徴量算出部は、特徴量検出器セットとして1組のエッジ検出オペレータでなるオペレータセットを備え、該オペレータセットによって、人物形状モデルの輪郭上における複数の位置に対応する相対位置において、画像取得手段によって得られた画像面の各点について画像輪郭の検出を行い、検出された画像輪郭の検出値を画像面の座標と対応させて出力し、評価値演算部は、前記画像特徴量セットの値に対する所定の演算として、画像面の各座標について、それぞれのエッジ検出オペレータが検出したエッジ検出値についての変位特徴量の積を演算し、極大点探索部は、評価値演算部によって得られた評価値画像内の各画素を中心とする局所領域を設定し、局所領域内で評価値が極大となる極大点を探索し、評価値が所定のしきい値を超える極大点が存在する局所領域の中心にある画素の位置を人物が存在する点の位置として出力する。

【0016】前記の評価値演算部の機能について、人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置から、人物形状モデルに任意に設定した基準点への変位ベクトルを、当該複数の点の位置に対応する相対位置にあるエッジ検出オペレータの特徴量変位ベクトルと定義し、それぞれのエッジ検出オペレータが検出したエッジ検出値を、そのエッジ検出値が検出された位置から特徴量変位ベクトルだけ変位した位置の座標に対応付けて、当該エッジ検出オペレータに対応する当該座標における変位特徴量と定義する。

【0017】評価値演算部は、特徴量検出器として、検出エッジ幅が小さいエッジ検出オペレータと、検出エッジ幅が大きいエッジ検出オペレータとを有し、各々のエ

ッジ検出オペレータは、人物画像の形状に微小な変化があっても安定した検出値を出力する程度に、重みを持たない中央隣接部の領域幅を拡張した隣接拡張オペレータであり、エッジ検出オペレータは、隠蔽が発生しにくく形状変化が少ない人物の部位に対応する相対位置に配置される。

【0018】本発明の人物検出装置は、さらに、人物検出装置により得られる検出結果に基づいて、撮影されている領域内に存在する人物を計数する人物計数装置を有する。人物計数装置は、人物の実空間中の位置を推定するために必要なパラメータの値、または画素と人物の空間位置とを記載したルックアップテーブルを記憶し、測定を行う前に事前に初期設定でキャリブレーションを行って画像中の各画素と空間位置との対応をとって、該対応を予め記憶する、画像・位置対応記憶部と、人物検出手段の出力する人物が存在する点を画像中の人物画像の頭の位置とみなし、画像・位置対応記憶装置42の情報をもとに、人物の空間中の位置を推定する人物位置検出部と、人物位置検出部で検出された人物位置に基づいて、微小領域内での人数を計測し、人物密度を算出する人物密度計測部とを有する。

【0019】前記のキャリブレーションの1つとして、5つの所定の空間位置に配置した物点位置と、該物点を撮像して得られる像点との、画像平面上の位置との関係を、カメラ位置のグローバル座標とカメラの姿勢を表す2つの角度（仰角と方位角）をパラメータとして5つの方程式で記述し、最小2乗法によって最も確からしいカメラ位置のグローバル座標とカメラの姿勢を表す2つの角度を演算することによって行われる。

【0020】本発明の人物検出装置は、人物計数装置により計数された人物密度を、画像を撮像した時刻と関連付け、逐次記録する計数結果記憶装置を有することができる。

【0021】本発明の人物検出装置は、人物計数装置により得られた計数結果、または計数結果記憶装置に格納された過去の時刻の計数結果を、必要に応じて加工し表示を行う計数結果表示装置を有し、計数結果表示装置は、記録したデータに基づいて、単位時間あたりの購買客数を全営業時間にわたって記憶される購買客数記憶部と、計数結果記憶装置に記憶された単位時間あたりの来店客数と前記購買客数記憶部に記憶された購買客数をもとに、所定の条件に従って購買率、すなわち購買客数/来店客数を集計する購買率表示部とを有することができる。本発明の計数結果表示装置の他の実施態様として、計数結果表示装置は、各時刻に労働している従業員数を記憶する従業員数記憶部と、計数結果記憶手段に記憶された単位時間あたりの来店客数と従業員数記憶部に記憶された従業員数に基づいて、所定の条件に従って従業員1人あたりの接客数、すなわち、来店客数/従業員数を集計し、かつ、表示する、平均接客数表示部を有するこ

とができる。

【0022】本発明の計数結果表示装置の他の実施態様として、計数結果表示装置は、各時刻に使用されているレジ数を記憶する使用レジ数記憶部と、レジに並ぶ顧客人数から推定される最適レジ数と使用レジ数記憶装置に記憶されたレジ数とを比較し、各時刻毎に使用されているレジ数が必要数を上回っているか、または下回っているかを所定の条件に従って集計し表示するレジ数コンサルタント部とを有することができる。

【0023】本発明の計数結果表示装置の他の実施態様として、計数結果表示装置は、各時刻に上記の売場に配置されている従業員数を記憶する売場内従業員記憶部と、特定売場内の顧客人数から推定される最適従業員数と従業員数記憶装置に記憶された従業員数とを比較し、各時刻毎に配置されている従業員数が必要数を上回っているかまたは下回っているかを所定の条件に従って集計し表示する売場内従業員数コンサルタント部とを有することができる。

【0024】本発明の計数結果表示装置の更に他の実施態様として、計数結果表示装置は、各リフトあるいはアトラクション施設が単位時間あたりに捌く人数を記憶する単位時間処理人数記憶部とリフトあるいはアトラクション施設に並ぶ顧客の、記録された人数と単位時間処理人数記憶部に記憶された各リフトまたはアトラクション施設が単位時間あたりに捌く人数から、撮像時刻において顧客が当該施設のサービスに対する待ち時間（並んでいる顧客の人数/単位時間に施設が捌く人数）を算出し、遊戯施設内外の各地点に設けた掲示板などに算出した待ち時間を表示する待ち時間表示部とを有することができる。

【0025】

【作用】特徴量検出器セットを構成する特徴量検出器は、それぞれ特徴量画像を生成するけれど、各々の特徴量検出器は、それら特徴量検出器の相対位置だけずれた位置に特徴量画像を生成する。したがって、各々の特徴量検出器が別々の画像面に特徴量画像を生成する場合には、それぞれの特徴量検出器に対応する画像面を特徴量検出器の相対変位と逆方向に平行移動して重ねる（合成する）と、各画像面の特徴量画像の同一部分は重なる。しかし、各画像面の異なる特徴量画像または同一特徴量画像の異なる部分（以下、異なる特徴量画像部分と記す）は、上記の平行移動・合成処理をしても、それらの特徴量画像部分が、平行移動・合成処理によって重なるような特別な相対位置になければ重なることはない。換言すれば、特徴量検出器の相対配置と同一の相対配置をもつ特徴量画像部分、すなわち、人物形状モデルに合致する特徴量画像のみが平行移動・合成処理によって同時に重なる。本発明は、この原理によって、特徴量画像面から、人物画像の特徴量画像のみを抽出する。

【0026】この際に用いる人物形状モデルは、比較的

隠蔽が発生しにくく形状変化の小さい人物の頭部および上半身の輪郭エッジ情報を元にして、画像中の人物の平均的な大きさで設定される。また、特徴量検出器としては、形状の小さい頭部には小型の間隔拡張型エッジ検出オペレータを、形状が大きい上半身輪郭には大型の間隔拡張型エッジ検出オペレータを対応させるので、様々な形状の人物を確実に検出することができる。

【0027】以上の手段を用いて処理を行うことにより、カメラの境界に存在する複数の人物位置を検出し、かつ計数を行うことが可能である。また、カメラの移動や照明等の撮影条件に対する制約が少ないため、既存の監視カメラや可搬カメラを用いる柔軟なシステム構成が可能であり、多種多様な技術展開が可能である。

#### 【0028】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明の人物検出方法を実施するための人物検出装置の構成を示す全体構成図である。本発明の人物検出装置は、基本的に、カメラ1と画像取得装置2と人物検出装置3と人物計数装置4と計数結果記憶装置5と計数結果表示装置6とを備えている。

【0029】カメラ1は、多数の人物が存在する対象空間の上方に設置され、単一のカメラによって、または複数のカメラを切り替えて人物群を含む画像を撮影する。画像取得装置2は、カメラ1により撮影された画像フレームを必要に応じて切り替えて所定の時間間隔で取り込み、離散化など周知の処理を行って画像処理可能な静止画像を得る。

【0030】人物検出装置3は、人物の輪郭形状モデルを保持し、画像取得装置2によって取り込まれた画像から、所定の許容範囲内で該輪郭形状モデルに合致する形状を有する画像を抽出し、抽出された各画像を画像中に検出されている人物として、当該人物が存在する領域を代表する点（以下、代表点と称す）の、画像平面上における座標を出力する。

【0031】人物計数装置4は、人物検出装置3によって得られた人物検出結果から、画像中の境界内に存在する人物数を計数する。計数結果記憶装置5は、人物計数装置4により計数された人物数を、画像を撮像した時刻と関連付けて逐次記録する。計数結果表示装置6は、人物計数装置4で計数された画像中の人物計数結果、または前記計数結果記憶装置5に蓄積された過去の時刻における人物計数結果を、必要に応じて加工して表示を行う。

【0032】次に本実施形態の動作を説明する。図2は、本実施形態における処理ルーチンを示すフローチャートである。カメラ1により撮影された対象空間における多数の人物群を含む画像フレームは、画像取得装置2によって必要に応じて切り替えて、所定の時間間隔で離散化され処理可能な静止画像として装置内に取り込ま

れる（ステップA1）。この画像に対し、人物検出装置3は、画像内に含まれる各人物を検出する処理を行う（ステップA2）。ステップA2の処理で人物検出装置3によって得られた人物領域を示す座標列は、人物計数装置4によって計数される（ステップA3）。計数結果は、画像に撮像されている推定人物数として、計数結果記憶装置5において、画像が撮像された時刻に関連付けられ、記憶される（ステップA4）と共に、計数結果表示装置6に出力される。

【0033】人物計数装置4によって計数された人物計数結果、および計数結果記憶装置5に蓄積された過去の時刻における人物計数結果は、計数結果表示装置6において、必要に応じて、または、操作者の要求に応じて、例えば時間に対する計数結果グラフ、または取得画像への重畳表示など、様々な加工が行われた後、表示される（ステップA5、A6）。

【0034】以上の処理が終了した後、さらに入力画像が与えられているならばステップA1に戻り次に得られる画像に対して同様の処理を繰り返し（分岐A7のY）、画像入力がない場合には処理を終了する（分岐A7のN）。

【0035】次に、図1の人物検出部3の一実施形態を説明する。図3は、人物検出部3の一実施例の構成を示すブロック図である。本実施例の人物検出装置は、特徴量算出部301と評価値演算部302と極大点探索部303を備えている。

【0036】特徴量算出部301は、画像取得装置2によって得られた画像中の各点について、所定数（人物検出のために必要な種類数）の画像特徴量の抽出を行い、それぞれの画像特徴量を画像中の座標と対応させて出力する。

【0037】特徴量算出部301は、人物輪郭を基にした形状のモデル、すなわち、人物形状モデルを保持し、人物形状モデル上の予め設定された複数の点にそれぞれ重ねて配置された1組の特徴量検出器を備えている。以下、この1組の特徴量検出器を特徴量検出器セットと記す。したがって、人物形状モデルを画像フレームのある位置に置くことは、特徴量検出器セットを当該位置に置くことと同義である。後述の実施例で説明するように、人物画像の輪郭を他の画像の輪郭から識別する場合には、特徴量検出器セットは、人物形状モデルの輪郭の複数位置に配置された、輪郭を識別する特徴量検出器（例えば、エッジ検出オペレータ）によって構成される。また、例えば、学童のように、黄色の帽子をかぶっている人物の画像を他の画像から識別する場合には、輪郭を識別する複数の特徴量検出器の他に、人物形状モデルの頭部の所定位置に黄色を検出する特徴量検出器が配置される。このように、特徴量検出器セットを構成する特徴量検出器は、抽出しようとする人物の特徴に応じて異なる種類の特徴量検出器が異なる位置に設定される。



【0038】この人物形状モデル(詳しくは、人物形状モデルに配置した特徴量検出器セット)を、検査対象の静止画像フレームの、人物を検出しようとする画像領域の各位置に置いて人物画像を検出すると、特徴量検出器セットを構成する各特徴量検出器は、人物形状モデル上におけるそれぞれの部位に対応する相対位置において人物特徴量およびその他の背景画像特徴量を検出する。評価値演算部302は、特徴量検出器セットの各特徴量検出器が、それぞれの相対位置を保ちながら検出した1組の画像特徴量(以下、画像特徴量セットと記す)の値に所定の演算を施して、画像特徴量セットが人物形状モデルと適正に合致している度合いを評価し、人物形状モデルの、画像フレーム上における現在位置に対応する評価値を生成する。前記の「適正に」とは、特徴量検出器の「検出許容範囲内」という意味である。また、「人物形状モデルの、画像フレーム上における位置」とは、人物形状モデルの任意に設定された代表点の、当該画像フレーム上の座標である。このようにして、評価値演算部302は、画像フレーム上の各座標に対応する評価値を表す評価値画像を生成する。

【0039】極大点探索部303は、評価値演算部302によって算出された評価値画像に対し、画像フレームの各画素について、当該画素の座標に対応する評価値が近傍の領域において最大となる評価値極大点を探索し、得られた評価値極大点の座標を人物の存在する点として出力する。

【0040】人物形状モデルが人物画像に適正に合致しているか、否かを評価値演算部302が評価する手法には、種々の実施態様がある。1つの実施態様として、人物形状モデルを、画像フレーム上を走査させる手法がある。この場合には、特徴量検出器セットの各特徴量検出器が「ほぼ同時に」検出した特徴量セットの値のすべてが、所定の閾値以上であれば、人物形状モデルが人物画像に適正に合致していると判定される。ここで、「ほぼ同時に」とは、前記の検出許容範囲を走査速度で割り算した時間幅内で同時にという意味である。また、後述する実施例で用いられている手法のように、特徴量検出器セットを構成する特徴量検出器の各々が生成する特徴量画像を、当該特徴量検出器間の相対位置に対応する変位ベクトル(特徴量変位ベクトル)分だけ変位させて合成する方法もある。

【0041】次に、人物検出処理(図2のステップA2)を図4のフローチャートを参照して説明する。取り込まれた画像はまず特徴量算出部301において、各点についての特徴量が算出される(ステップB1)。次に得られた特徴量画像に対し、評価値演算部302において、画像フレーム上の各位置に人物形状モデルを置き、その人物形状モデル上の予め設定した複数の点において得られる特徴量の集合から、前記各位置における特徴量評価値を算出し、特徴量評価値を、当該位置に対応する

画像フレーム上の座標に対応付けて特徴量評価値画像として出力する(ステップB2)。

【0042】得られた評価値画像は、極大点探索部303において、画像中の人物が存在する点を抽出する処理が行われる。具体的には、画像内の各画素を中心とする局所領域が設定され、当該局所領域内で評価値が最大になる極大点が探索される(ステップB3)。極大点が得られた局所領域の中心の座標は、人物の存在する点として出力される(ステップB4)。

【0043】図5は、図3の人物検出装置の一実施例のブロック図である。本実施例の人物検出装置は、画像微分部31と評価値画像合成部32と極大点探索部33を備えている。本実施例の人物検出装置は、図3の人物検出部の特徴量検出器として、エッジ検出オペレータを用い、特徴量検出器セットは、人物形状モデルの輪郭上の予め設定された複数の点にそれぞれ固定された1組のエッジ検出オペレータによって構成されている。画像微分部31、評価値画像合成部32、極大点探索部33は、それぞれ図3の特徴量算出部301、評価値演算部302、極大点探索部303の実施例である。

【0044】画像微分部31は、人物形状モデルの輪郭上の所定位置に対応する相対位置を保って構成されている1組のエッジ検出オペレータを備えている(以下の記述で、この1組のエッジ検出オペレータをオペレータセットと記す)。本実施例においては、オペレータセットは、x方向、y方向のエッジを検出するエッジ検出オペレータを大小2種用いて構成されている。このうち、大型のエッジ検出オペレータは、上体の輪郭のように、比較的形が大きくて平坦な部分に対応する位置に配置され、小型のエッジ検出オペレータは、頭部の輪郭のように、形が小さくて曲率が比較的大きい部分に対応する位置に配置される。それぞれのエッジ検出オペレータは、前記画像取得部2により得られた人物画像および背景画像に適用され、これらの画像の微分画像を作成する。

【0045】オペレータセットを構成するエッジ検出オペレータは、それぞれ微分画像を生成するけれど、各々のエッジ検出オペレータは、同一画像の微分画像を、それぞれエッジ検出オペレータの相対位置だけずれた位置に生成する。したがって、各々のエッジ検出オペレータが別々の画面に微分画像を生成する場合には、それぞれのエッジ検出オペレータに対応する画面をエッジ検出オペレータの相対変位と逆方向に平行移動して重ねる(合成すると、各画面の微分画像の同一部分は重なる。しかし、各画面の異なる微分画像または同一微分画像の異なる部分(以下、異なるエッジ部分と記す)は、上記の平行移動・合成処理をしても、それらのエッジ部分が、平行移動・合成処理によって重なるような特別な相対位置に移動し、重なることはない。換言すれば、エッジ検出オペレータの相対配置と同一の相対配置をもつエッジ

部分、すなわち、人物形状モデルに合致する画像のみが平行移動・合成処理によって同時に重なる。本実施例は、この原理によって、微分画像面から、人物画像の微分画像のみを抽出する。

【0046】評価値画像合成部32は、前記画像微分部31によって得られた各エッジ検出オペレータに対応する微分画像を、人物形状モデル面上に任意に設定した基準点に対するエッジ検出オペレータの変位ベクトルの逆ベクトル、すなわち、特徴量変位ベクトルだけ平行移動させ、各微分画像面中の各座標において、平行移動された微分画像のエッジ値(変位特徴量)の積をその座標における評価値として評価値画像を作成する。極大点探索部33は、評価値画像合成部32によって得られた評価値画像内の各画素を中心とする局所領域を設定し、局所領域内で評価値が最大となる極大点を探索し、そのうち、所定の閾値を超える極大点が存在する局所領域の中心にある画素の位置を人物が存在する点の位置として出力する。

【0047】図6は、本実施例で使用されるエッジ検出オペレータを示す図である。このオペレータは特願平11-152381に開示されているエッジ検出オペレータである。図6に示されているように、従来のソーベルオペレータと比較して、オペレータ中央の重みを持たない間隙領域の幅を拡張したものであって、オペレータの大きさも数画素×数画素と従来のものより大きい。中央の重みを持たない間隙領域の幅を拡張した理由は、人物によって形状が変化し、また、同一人物であっても、カメラに対する向きによって画像が異なるので、オペレータが検出するエッジの位置および方向に許容幅を持たせて、そのような人物の形状変化やカメラに対する向きによる画像の変化を検知しようにするためである。

【0048】このようなエッジ検出オペレータがx方向、y方向のそれぞれについて、大小2種ずつ、合計4種が用意されている。これらのオペレータは、図7を参照して後述されるように、画像の輪郭の形状に応じて使用される。このエッジ検出オペレータによって構成されるオペレータセットを、図1の画像取得装置1によって得られた画像全体の各位置に適用することによって、各座標における微分値を画素値とする微分画像が作成される。

【0049】図7は、本実施例の人物形状モデルとエッジ検出オペレータの配置を示す図である。図7に示されている人物輪郭の頭頂部に相当する点Aにy方向のエッジを検出する小型のオペレータが配置され、頭部左右に相当する点B、Cにそれぞれx方向のエッジを検出する小型のオペレータが配置されている。胴体部左右に相当する点D、Eには、それぞれx方向のエッジを検出する大型のオペレータが配置されている。このように、頭部のように形が小さい輪郭には、小型のオペレータが配置され、胴体部の輪郭のように、比較的形が大きく平坦な

輪郭を持つ部分には、広範囲の直線輪郭を検出する大型のオペレータが配置される。図7のように配置された5個のオペレータは、この相対位置を維持してオペレータセットとして動作する。

【0050】次に、本実施例における人物検出処理を説明する。図8は本実施例の人物検出処理の流れを示すフローチャートである。画像取得装置2(図1参照)によって取り込まれた画像は、まず画像微分部31(図5参照)において、オペレータセットを構成するx方向、y方向のエッジ検出オペレータによって微分処理が行われる(ステップC1)。次に各エッジ検出オペレータによって作成された微分画像(図7の実施例では5枚の微分画像)は、評価値画像合成部32において、画像内における人物の形状および大きさに応じて予め設定されている、図7に示されているような人物形状モデルに従って平行移動・合成される。

【0051】具体的には、まず図7中に示されている人物輪郭の頭頂部に相当する点Aにy方向のエッジを検出する小型のオペレータによって得られた微分画像を対応させ、頭部左右に相当する点B、Cにそれぞれx方向のエッジを検出する小型のオペレータにより得られた微分画像を対応させ、胴体部左右に相当する点D、Eにそれぞれx方向のエッジを検出する大型のオペレータにより得られた微分画像をそれぞれ対応させる。

【0052】次に、上記のモデル内の各点から基準点Oに向かう変位ベクトルを用いて、それぞれの点に対応する各微分画像を平行移動する(ステップC2)。図7の実施例では頭頂部Aに対応するy方向の小型オペレータによる微分画像は、基準点となる頭部中心点Oに向かうベクトルだけ変位する。すなわち、画像下方に平行移動する(この平行移動は座標変換によって演算される)。

【0053】さらに、平行移動した各微分画像を重ねあわせ、各画像中の全ての座標について、同じ座標に存在する画素の画素値(変位特徴量)の積を算出し、その積を当該座標における画素値として評価値画像を合成する(ステップC3)。

【0054】このようにして評価値画像合成部32によって得られた評価値画像は、極大点探索部33において、画像中の人物が存在する点を抽出する処理が行われる。具体的には、画像内の各画素を中心とする局所領域が設定され、当該局所領域内で当該画素における評価値が最大となる極大点が探索される(ステップC4)。そのうち所定のしきい値を超える評価値をもつ局所領域の中心の画素の座標が、人物の存在する点として出力される(ステップC5)。

【0055】図9は、図1の人物計数装置4と計数結果記憶装置5と計数結果表示装置6の実施例を説明するための概念図である。

【0056】本実施例では、まず、カメラの位置および向きが完全に固定された環境下において、図9に示され

ているように、カメラで取得される画像中に監視対象となる領域を1つ、または複数個設定する。そして、図1の人物検出装置3で得られた人物の頭の位置が各観測領域内にあるかどうか判定して、各観測領域別に人数を出力する。

【0057】処理としては、人物計数装置4で、前記人物検出装置3で得られた人物の頭の中心位置と思われる画素の集まり  $U = \{u_i, v_i | i \text{ は } 0 \text{ から総人数} - 1 \text{ までの整数}\}$  が、各人物観測領域  $V_j = \{(u, v) | t_{b_j} \leq u \leq t_{t_j}, t_{l_j} \leq v \leq t_{r_j}\}$  ( $j$  は 0 から人物観測領域総数 - 1 までの整数、 $t_{b_j}$ 、 $t_{t_j}$ 、 $t_{l_j}$ 、 $t_{r_j}$  は、それぞれ、 $j$  番目の領域の下方、上方、左方向および右方向の座標間値) 内に入っているか判定し、入っているものについて各領域別に人数を出力する。人物計数装置4は、前記人物検出装置3によって得られる検出結果から、設定された各領域における人物数を計数する。

【0058】計数結果記憶装置5は、人物計数装置4により計数された人物数を、設定された各領域別に画像を撮像した時刻と関連付け、逐次記録する。計数結果表示装置6は、人物計数装置4で計数された画像中の人物計数結果、または計数結果記憶装置5に蓄積された過去の時刻における人物計数結果を、設定された各領域別に必要に応じて加工し表示を行う。

【0059】本実施例によつて、コンサートホール、球技施設、美術館等の多人数が利用している大型施設について、あらかじめ各出入口、あるいは展示物などの周辺を処理対象領域として設定し、出入口周辺に集まる人、バス停に並んでいる人、あるいは美術館などにおける各展示物を鑑賞する人などの計数が可能となり、有用性を高めることができる。

【0060】図10は、図1の人物計数装置4の一実施例のブロック図である。本実施例の人物計数装置4(図1参照)は、人物位置検出部41、画像・位置対応記憶部42、人物密度計測部43を備えている。画像・位置対応記憶部42は、人物位置検出装置41で人物の空間中の位置を推定するのに必要なパラメータの値、あるいは画素と人物の空間位置を記載したルックアップテーブルを記憶されたもので、測定を行う前に事前に初期設定でキャリブレーション(校正)を行って画像中の各画素と空間位置との対応をとり、予め記憶する。

【0061】人物位置検出部41は、人物検出装置3(図1参照)の出力をそのまま画像中の頭の位置とみなし、画像・位置対応記憶装置42の情報をもとに、人物の空間中の位置を推定する。人物密度計測部43は、人物位置検出部41で検出された人物位置をもとに、微小領域内での人数を計測する。計数結果記憶装置5(図1参照)は、人物密度計測部43により計測された人物密度を、画像を撮像した時刻と関連付け、逐次記録する。計数結果表示装置6(図1参照)は、人物計数装置4で

計測された画像中の人物密度、または計数結果記憶部5に蓄積された過去の時刻における人物密度を必要に応じて加工して表示する。

【0062】以下、画像・位置対応記憶部42が行うキャリブレーション法について述べる。まず、キャリブレーションの準備段階において、カメラの内部パラメータ(焦点距離  $f$ 、水平方向画素間距離  $d_x$ 、垂直方向画素間距離  $d_y$ 、画像中心  $(u_c, v_c)$ 、歪曲収差計数)をあらかじめ求めておく。この内部パラメータ算出方法は種々あるが、最も汎用的なのは Tsai の手法とよばれるものである(参考: Roger Y. Tsai, "An Efficient and Accurate Camera Calibration Technique for 3D Machine Vision", Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Miami Beach, FL, 1986)。

【0063】次に、これら内部パラメータが既知であることを前提として、以下のように空間中のカメラ位置および姿勢を推定する(以下、空間中のカメラ位置および姿勢のことを外部パラメータと呼ぶことにする)。図11にカメラ配置、人物位置を測定する空間のモデル図を示す。図11の右下にある原点Oはグローバル座標系の原点であり、便宜上図11のように  $x, y, z$  軸を定める。図11の各点  $(x_i, y_i, t)$  (但し、 $i = 1, \dots, 5$ ) は、キャリブレーションのために立てたポールでポールの先がちょうど一般的な人の頭の中心にあたる高さ(床面から140~160cm程度)になるように長さをつけてあらかじめ決めておく。(別に空間中の相対位置の分かっている5点で同じように設定することも可能ではあるが、精度を上げる観点からあらかじめこのような5点を設定する) また、人物位置を推定する範囲としては、図11の4点  $(x_i, y_i, t)$  (但し、 $i = 1, \dots, 4$ ) で囲まれた領域とする。カメラはレンズ中心がグローバル座標系の  $(x_0, y_0, z_0)$  にあるものとし、光軸は、 $z$  軸の正方向に対して  $y$  軸回りに角度  $\alpha$  だけ傾き、さらに、 $x$  軸に対して角度  $\beta$  をなすように、 $z$  軸の回りに回転した角度位置(姿勢)にあるものとする。 $(u_c, v_c)$  は画像中心(カメラ光軸と画像面とが交差する点)であり、 $(u_i, v_i)$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) は、物点  $(x_i, y_i, t)$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) が撮像されて映った画素の座標(画像面上の像点の座標)である。

【0064】このとき、画像面上の点  $(u_i, v_i)$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) のグローバル座標  $(X_i, Y_i, Z_i)$  は以下のように定まる。まず、

【0065】

【数1】

$$u'_i = d_k \cdot \left\{ 1 + \kappa \left\{ (u_i - u_c)^2 + (v_i - v_c)^2 \right\} \right\} (u_i - u_c) \dots (1.1)$$

$$v'_i = d_k \cdot \left\{ 1 + \kappa \left\{ (u_i - u_c)^2 + (v_i - v_c)^2 \right\} \right\} (v_i - v_c) \dots (1.2)$$

【0066】によって得られる、 $u'_i$ 、 $v'_i$  に対し、

【数2】

【0067】

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta & 0 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u'_i \\ v'_i \\ -f \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \cos \alpha \sin \beta & \cos \beta & \sin \alpha \sin \beta \\ -\sin \beta & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u'_i \\ v'_i \\ -f \end{pmatrix} \dots (2)$$

【0068】が成り立つ。ここで、 $\kappa$ は歪曲収差係数である。(歪曲収差とは、格子状の物体をカメラで撮影したときに、像が樽型に歪んだり、糸巻き型に歪んだりする収差である。通常の透視変換のカメラモデルでは  $u'_i = d \cdot s$  ( $u_i - u_c$ ) が成り立つが、一般的なカメラの場合、歪曲収差が存在するので、透視変換モデルが必ずしも成り立たない。式(1.1)はそれを補正するための式である)。

【0069】式(2)から得られる( $X_i$ ,  $Y_i$ ,  $Z_i$ )

$$(X_i - x_i)(z_0 - t) - (Z_i - t)(x_0 - x_i) = 0 \dots (4.1)$$

$$(Y_i - y_i)(z_0 - t) - (Z_i - t)(y_0 - y_i) = 0 \dots (4.2)$$

【0073】式(2)から、( $X_i$ ,  $Y_i$ ,  $Z_i$ )は、次式

【0074】

【数5】

$$X_i = f_x(x_0, y_0, z_0, u'_i, v'_i, \alpha, \beta)$$

$$Y_i = f_y(x_0, y_0, z_0, u'_i, v'_i, \alpha, \beta)$$

$$Z_i = f_z(x_0, y_0, z_0, u'_i, v'_i, \alpha, \beta)$$

【0075】のように、 $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ , および ( $u'_i$ ,  $v'_i$ ) ( $i=1, 2 \dots 5$ ) で表されるので、式(2)を式(4.1)および式(4.2)に代入すると、式(4.1)、式(4.2)は、( $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ) および ( $u'_i$ ,  $v'_i$ )、( $x_i$ ,  $y_i$ ,  $z_i$ ) ( $i=1, 2 \dots 5$ ) で表される。このうち、( $x_i$ ,  $y_i$ ,  $z_i$ ) ( $i=1, 2 \dots 5$ ) は、予め設定されて点であるから、その値は既知である。また、( $u'_i$ ,  $v'_i$ ) ( $i=1, 2 \dots 5$ ) は、座標( $x_i$ ,  $y_i$ ,  $z_i$ ) ( $i=1, 2 \dots 5$ ) に物体を置いて予め撮像することによって、その値は既知である。したがって、5つの値に対して( $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ )についての5通りの方程式(4.1)、方程式(4.2)を得る。この5つの方程式から、最小2乗法によって5つのパラメータ  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  の最も確からしい値

は次の直線

【0070】

【数3】

$$\frac{x - x_i}{x_0 - x_i} = \frac{y - y_i}{y_0 - y_i} = \frac{z - t}{z_0 - t} \dots (3)$$

【0071】上にある。従って、次式が成り立つ。

【0072】

【数4】

を得ることができる。

【0076】最小2乗法によって、カメラの位置

( $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ) および姿勢 ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) の最も確からしい値を推定するために、式(4.1)の左辺の2乗と式(4.2)の左辺の2乗の和をとり、それを  $S$  ( $u'_i$ ,  $v'_i$ ) とする。5個のパラメータ  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  の最も確からしい値は、 $S$  を用いた最小2乗法によって求める。このような非線形最小2乗法について代表的なものに Marquardt 法があり、William H. Press et al. 著、奥村晴彦等訳「ニューメリカルレシビ・イン・シー」(技術評論社1993年)の505-510頁に詳しく説明がされている。非線形最小2乗法の内容は本出願と関連性の無いので、ここでは説明を省略する。以上によって得られた  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  は画像・位置対応記憶装置42に格納し、キャリブレーションを終了する。

【0077】次に、人物位置検出装置41の処理について説明する。人物検出装置3によって、画像中の人物の頭の中心と思われる画素( $u$ ,  $v$ )が検出されたとする。このとき、この画素のグローバル座標系での座標値( $x_p$ ,  $y_p$ ,  $z_p$ )は式(1.1)、式(1.2)と同様の変形をおこなった以下の( $u'$ ,  $v'$ )に対し、式(5)のように表される。

【0078】

【数6】

$$u' = d_k \cdot \left\{ 1 + \kappa \left( (u - u_c)^2 + (v - v_c)^2 \right) \right\} \cdot (u - u_c) \dots (1.3)$$

$$v' = d_k \cdot \left\{ 1 + \kappa \left( (u - u_c)^2 + (v - v_c)^2 \right) \right\} \cdot (v - v_c) \dots (1.4)$$

【0079】

【数7】

$$\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta & 0 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u' \\ v' \\ -f \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \cos \alpha \sin \beta & \cos \beta & \sin \alpha \sin \beta \\ -\sin \beta & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u' \\ v' \\ -f \end{pmatrix} \dots (5)$$

【0080】この人物の身長を $t$ であるとみなしたとき、人物位置のグローバル座標 $(x, y, t)$ は式(3)の直線方程式を変形した次式(6)のように表すことができる。

【0081】

【数8】

$$\frac{x - x_0}{x_p - x_0} = \frac{y - y_0}{y_p - y_0} = \frac{t - z_0}{z_p - z_0} \dots (6)$$

【0082】これより、人物位置のグローバル座標は、

【0083】

【数9】

$$x = \frac{t - z_0}{z_p - z_0} (x_p - x_0) + x_0$$

$$y = \frac{t - z_0}{z_p - z_0} (y_p - y_0) + y_0 \dots (7)$$

【0084】として求められる。人物位置検出部41はこのようにして求めた $(x, y, t)$ の座標値を人物密度計測部43に出力する。

【0085】また、人物位置検出部41の処理を高速化するために、画像中の全画素について(1. 3)から

(7)までの計算を事前に行って、画像・位置対応記憶部42にそのルックアップテーブルを記録しておき、人物検出装置3で求められた $(u, v)$ に対してルックアップテーブルを参照して人物位置のグローバル座標

$(x, y, t)$ を求める方法もある。

【0086】次に、人物密度計測部43の処理について説明する。図12は、人物位置検出部41によって得られた各人物の実空間中の位置を $x, y$ 平面に投影し、プロットした例を示す図である。人物の位置を推定する領域として、図11の4点 $(x_i, y_i, t)$ (但し、 $i = 1, \dots, 4$ )で囲まれた領域を予め設定している。図12には、その領域内にあるもののみに示されている。図13は、この領域を36個の小領域に分割して、

それぞれの領域別に何人の人物がいるかを示している。この図は、36個のほぼ均等な大きさの領域に分割して示しているが、領域の個数および各領域の大きさは用途に応じて自由に設定することができ、また、人物の位置を推定する領域も図13のように長方形である必要もなく、領域の大きさおよび形状を用途に応じて自由に設定することができる。図13では各領域を識別するために領域1～領域36と名前をつけ、各領域を $S_i = \{(x, y) \mid x_{i1}[1] \leq x \leq x_{i1}[2], y_{i1}[1] \leq y \leq y_{i1}[2]\}$ ( $i$ は1..36までの整数)と定義する。ここで、 $x_{i1}[1]$ および $x_{i1}[2]$ は、それぞれ領域 $i$ の左端(左辺)および右端(右辺)の $x$ 座標である。同様に、 $y_{i1}[1]$ および $y_{i1}[2]$ は、それぞれ領域 $i$ の下端(下底)および上端(上底)の $y$ 座標である。各人物位置のグローバル座標系の値を $(x_j,$

$y_j)$ ( $j$ は1から人物総数までの値)とすれば、 $(x_{i1}, y_{i1}) \in S_i$ のとき $(x_j, y_j)$ が領域 $i$ 内に存在するとする。このような方法で各領域についてその中に存在する人物の数を計算し、その結果を計数結果記憶装置5(図1参照)に出力する。

【0087】人物計数装置4により計数された人物密度結果、および計数結果記憶装置5に蓄積された過去の時刻における人物計数結果は、計数結果表示装置6において、必要あるいは操作者の要求に応じて例えば図14のような密度の大小を画像の濃淡で示したグラフで示したり(図14では、濃淡を斜線で表示しているが、実際にはカラーで表示する)、各小領域の時間別の密度の変化をグラフ化するなど、様々な加工が行われ表示される。本実施例は、図14のような広領域における人物密度の測定、例えばプラットホームの混雑状況の測定などに有用である。

【0088】つぎに、図1の計数結果表示装置6の一実施例を説明する。図15は、計数結果表示装置6の第1の実施例のブロック図である。本実施例では、店舗の室内全体を見渡せる広角カメラによって、画像取得装置2(図1参照)から画像を取得し、計数結果記憶装置5

は、店舗に来店した顧客数を画像取得時刻と共に記録する。

【0089】購買客数記憶部602は、POSなどに記録したデータをもとに、単位時間あたりの購買客数を全営業時間にわたって記憶している。購買率表示装置601は、図1の計数結果記憶装置5に記憶された単位時間あたりの来店客数と前記購買客数記憶部602に記憶された購買客数をもとに、時間別または曜日別などの所定の条件に従って購買率（購買客数/来店客数）を集計する。

【0090】図16は、計数結果表示装置6の第2の実施例のブロック図である。本実施例においても、店舗の室内全体を見渡せる広角カメラによって、画像取得装置2（図1参照）から画像を取得し、計数結果記憶装置5は、店舗に来店した顧客数を画像取得時刻と共に記録する。

【0091】従業員数記憶部612は、各時刻に労働している従業員数を記憶する。平均接客数表示部611は、計数結果記憶装置5（図1参照）に記憶された単位時間あたりの来店客数と従業員数記憶装置612に記憶された従業員数をもとに、時間別または曜日別などの所定の条件に従って従業員1人あたりの接客数（来店客数/従業員数）を集計し、表示する。

【0092】図17は、計数結果表示装置6の第3の実施例のブロック図である。本実施例においては、店舗内を撮影して画像を得るとき、あらかじめ所定のレジ周辺を処理対象領域として設定し、人物計数装置4によってそれぞれ所定の領域内の人物を計数し、計数結果記憶装置5において、それぞれの領域における人物計数結果を、レジに並ぶ顧客の人数として画像取得時刻と共に記録する。使用レジ数記憶部622は、各時刻に使用されているレジ数を記憶する。レジ数コンサルタント部621は、使用レジ数記憶部622に記憶されている内容を読み込み、レジに並ぶ顧客人数から推定される最適レジ数と使用レジ数記憶装置に記憶されているレジ数とを比較し、各時刻毎に使用されているレジ数を必要数を上回っているあるいは下回っているかを時間別または曜日別などの所定の条件に従って集計し表示する。

【0093】図18は、計数結果表示装置6の第4の実施例のブロック図である。本実施例においては、あらかじめ特定の売場を処理対象領域として設定して店舗内を撮影して画像を取得する。人物計数装置4は所定の領域内の人物を計数し、計数結果記憶装置5は、それぞれの領域における人物計数結果を、特定の売場内にいる顧客の人数として画像取得時刻と共に記録する。

【0094】売場内従業員記憶部632は、各時刻に上記の売場に配置されている従業員数を記憶する。売場内従業員数コンサルタント部631は、売場内従業員数記憶部632の記憶内容を読み込み、特定売場内の顧客人数から推定される最適従業員数と従業員数記憶装置に記憶され

た従業員数とを比較し、各時刻毎に配置されている従業員数が必要数を上回っているかまたは下回っているかを時間別あるいは曜日別などの所定の条件に従って集計し表示する。

【0095】図19は、計数結果表示装置6の第5の実施例のブロック図である。この実施形態では、スキー場または遊園地などの遊戯施設内を撮影して得られる画像について、あらかじめ所定のリフト乗り場周辺またはアトラクション施設の入り口周辺を処理対象領域として設定する。

【0096】人物計数装置4は、それぞれ所定の領域内の人物を計数する。計数結果記憶装置5は、それぞれの領域における人物計数結果を、リフトあるいはアトラクション施設に並ぶ顧客の人数として画像取得時刻と共に記録する。単位時間処理人数記憶部642は、各リフトあるいはアトラクション施設が単位時間あたりに捌く人数を記憶する。待ち時間表示部641は、単位時間処理人数記憶部642の記憶内容を読み込み、リフトあるいはアトラクション施設に並ぶ顧客の、記録された人数と単位時間処理人数記憶部に記憶された各リフトまたはアトラクション施設が単位時間あたりに捌く人数から、撮像時刻において顧客が当該施設のサービスに対する待ち時間（並んでいる顧客の人数/単位時間に施設が捌く人数）を算出し、遊戯施設内外の各地点に設けた掲示板などに算出した待ち時間を表示する。

【0097】以上の各実施の形態については、適宜条件を変更して実施可能であり、例えばカメラの数、エッジ検出オペレータの重み形状や間隔の幅、人物モデルの形状および選択する点の配置や個数などに制限はない。

【0098】前掲の人物検出装置による人物検出処理は、図示されていない記録媒体に記録される人物検出プログラムに従って、これも図示されていないプロセッサの制御のもとで実行される。

【0099】本発明の人物検出プログラムは、多数の人物が存在または移動する領域を撮影するカメラによって撮影された画像フレームを取り込んで画像処理可能な画像を作成する画像取得処理と、人物形状モデルを保持し、前記画像処理可能な画像から、人物形状モデルに合致する形状を有する画像を抽出し、抽出された各画像を画像面中に撮像されている人物として、抽出された各人物が存在する位置を代表する点の、画像平面上における座標を出力する人物検出処理と、人物検出手段によって得られた人物検出結果から画像面の境界内に存在する人物数を計数する人物計数手段と、人物計数手段によって計数された人物数を、画像を撮像した時刻と関連付け、逐次記録する計数結果記憶部632と、人物計数手段で計数された画像面中の人物計数結果、または前記計数結果記憶手段に蓄積されている過去の時刻における人物計数結果を、必要に応じて加工して表示する計数結果表示処理を実行するための手順が記述されている。この人物検出

プログラムは、コンピュータに前記人物検出処理を実行させるために、コンピュータに、人物形状モデル上の予め設定された複数の点の位置に対応する相対位置に配置されている1組の特徴量検出器でなる特徴量検出器セットによって、人物形状モデル上におけるそれぞれの位置に対応する相対位置において、画像取得処理によって得られた画像内の各点について画像特徴量の検出を行い、検出された画像特徴量を画像面の座標と対応させて出力する特徴量算出処理を実行させ、特徴量検出器セットの各特徴量検出器が前記相対位置において検出した1組の画像特徴量でなる画像特徴量セットの値に所定の演算を施して、画像特徴量セットが人物形状モデルと適正に合致している度合いを評価し、特徴量検出器セットの、画像面上における位置に対応して評価値を生成し、画像面の各座標に対応する評価値を表す評価値画像を生成する評価値演算処理を実行させ、評価値演算処理によって算出された評価値画像に対し、画像面の各座標の画素について、当該画素の座標に対応する評価値が近傍の領域において最大となる評価値極大点を探査し、得られた評価値極大点の座標を人物の存在する点として出力する極大点探索処理を実行させるための手順が記述されている。

#### 【0100】

【発明の効果】第1の効果は、画像中の人物を微少な形状の差異や変化を許容しつつ検出することが可能である点である。その理由は、間隙を拡張したエッジ検出オペレータを用いることにより、輪郭形状が微少に変動してもオペレータの間隙部分に輪郭があれば高い微分出力値が得られ、その結果高い評価値を得ることが出来るためである。

【0101】第2の効果は、対象人物が相互に隣接している場合でも、各個人を分離して検出できる点である。その理由は、対象となる人物群が比較的密集している場合でも思わぬく、かつ形状変化の比較的小さい頭部と上半身の輪郭形状をモデルとして特徴量検出器を配置して人物検出処理を行うことができるからである。

【0102】第3の効果は、ハードウェア実装による高速化が容易である点である。その理由は、人物検出装置を画像全体のフィルタ処理を中心に構成しているため、DSP等を用いた画像処理専用ハードウェアを適用して処理の高速化を図るのが容易なためである。

【0103】第4の効果は、システムの設定条件に対する制約が少なく、運用における柔軟性が高い点である。その理由は、人物の形状を用いるため、撮像されている人物の画像内での形状の変化が顕著で無い限りは、カメラの移動や照明変化の影響を受けにくいからである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の構成を示すブロック図である。

【図2】図1の実施形態の処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図3】図1の人物検出装置3の構成を示すブロック図である。

【図4】人物検出装置3の人物検出処理ルーチンの流れを示すフローチャートである。

【図5】図1の人物検出装置3の構成を示すブロック図である。

【図6】人物検出装置3において用いられるエッジ検出オペレータを示す概念図である。

【図7】人物検出処理に用いられる人物輪郭形状モデルとエッジ検出オペレータの配置を示す概念図である。

【図8】エッジ検出オペレータを用いた人物検出処理ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図9】カメラで取得される画像中に監視対象となる領域を1つ、または複数個設定されている実施例を示す概念図である。

【図10】図1の人物計数装置4の一実施例のブロック図である。

【図11】カメラ配置、人物位置を校正するためのモデル空間を示す図である。

【図12】人物密度計測装置9で処理される以前の空間中の人物位置をプロットしたサンプル図である。

【図13】人物密度計測装置9で処理される各小領域の例を示す図である。

【図14】計数結果表示装置6で表示された人物密度図の一例である。

【図15】計数結果表示装置6の第1の実施例のブロック図である。

【図16】計数結果表示装置6の第2の実施例のブロック図である。

【図17】計数結果表示装置6の第3の実施例のブロック図である。

【図18】計数結果表示装置6の第4の実施例のブロック図である。

【図19】計数結果表示装置6の第5の実施例のブロック図である。

#### 【符号の説明】

1 カメラ

2 画像取得装置

3 人物検出装置

301 特徴量算出装置

302 評価値演算装置

303 極大点探索装置

31 画像微分部

32 評価値画像合成部

33 極大点探索部

4 人物計数部

41 人物位置検出部

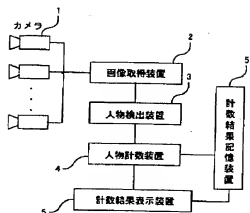
42 画像・位置対応記憶部

43 人物密度計測部

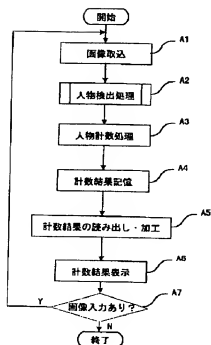
- 5 計数結果記憶装置
- 6 計数結果表示装置
- 601 購買率表示部
- 602 購買客数記憶部
- 611 平均接客数表示部
- 612 従業員数記憶部

- 621 レジ数コンサルト部
- 622 使用レジ数記憶部
- 631 売場内従業員数コンサルト部
- 632 売場内従業員数記憶部
- 641 待ち時間表示部
- 642 単位時間処理人数記憶部

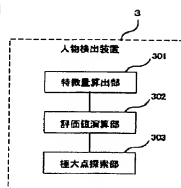
【図1】



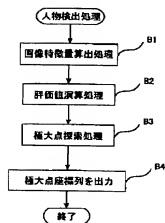
【図2】



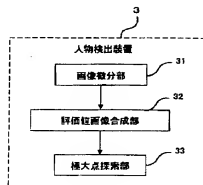
【図3】



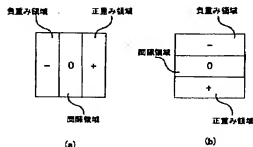
【図4】



【図5】

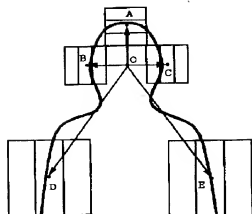


【図6】

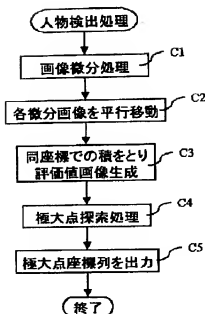




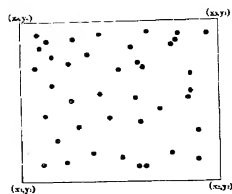
【図7】



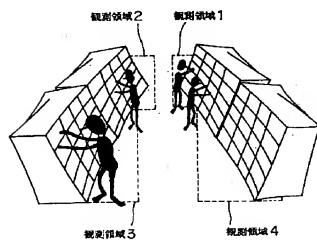
【図8】



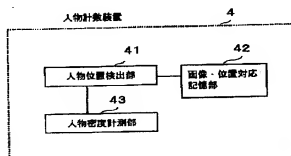
【図12】



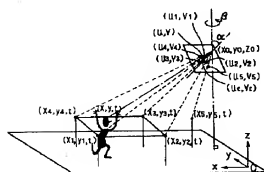
【図9】



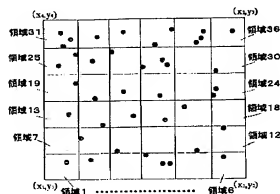
【図10】



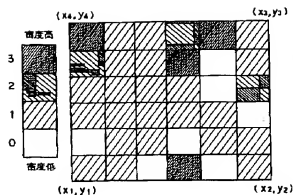
【図11】



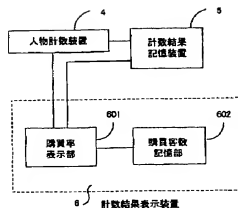
【図13】



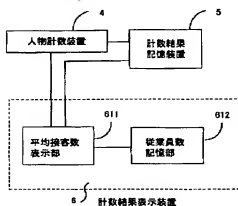
【図14】



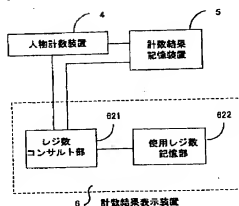
【図15】



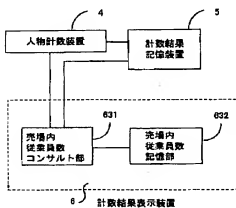
【図16】



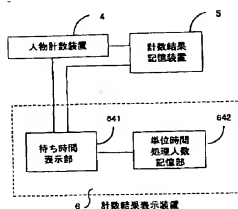
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5B057 BA02 DA13 DC09 DC25 DC33  
5L096 AA02 BA08 CA04 CA05 EA15  
FA06 FA69 FA81 GA02 GA38  
HA08